

II-40 不飽和二層斜面流の実験的検討

山梨大学大学院 学生員 武富 幸郎
 山梨大学工学部 正 員 坂本 康
 山梨大学工学部 正 員 竹内 邦良

1. 目的

本研究では、粒径の異なる二つの層を持つ斜面について、①上下層粒径、②傾斜角、③降雨強度、④降雨増加過程と減少過程の違いが、各層からの流出にどのような影響を与えるかを室内モデル実験により検討する。

2. 実験方法

①実験装置 装置は、透明なアクリル材で作成、幅50cm、高さ30cm、奥行1cmとした。流出口は2つ設け、その間の仕切りによって上層と下層の流出を個別に採取できるようになっている。また、装置内の水頭（負圧）を測定するため、テンシオメータが36箇所に設置してある。雨水には蒸留水を用い、降雨強度は可変ポンプにより変化させた（Fig.1）。

②実験方法 実験では、土粒子の代わりにガラスビーズを用い、これを装置内に二層（各々層厚 9cm）に詰めた。降雨開始と同時に単位時間ごとの上層、下層流出量をそれぞれ測定し、定常となった時点でテンシオメータを読む。その後、浸透の様子を目で確認するため有色トレーサー（粉末の KMnO_4 ）を斜面上に投入し、その経路を OHP用紙を用い記録する。トレーサーが流出し終わったら、降雨強度を変え、上記の操作を繰り返す。実験条件はTable 1 に示す。

3. 結果と考察

3.1 上下層粒径の違いによる流れ方の相違

上層ガラス・ビーズ粒径1.00-1.41 mm、下層ガラス・ビーズ粒径0.5-0.6 mmを用いた場合には、上層からの降雨水流出は認められず、逆に上層粒径0.5-0.6 mm、下層粒径1.00-1.41 mmを用いた場合には上層からの流出が認められた（Fig.2）。この現象は、上下層の透水係数の相違によると考えられる。Fig.3 に土柱法（脱水）、および実験終了後（降雨増加過程）の水頭分布、水分分布より求めた水分特性曲線を示す。Fig.4 には、Campbellの式により求めた透水係数とサクシヨンの関係を示す。Fig.4 によるとサクシヨンが5cmを超えると、粒径の大きい方

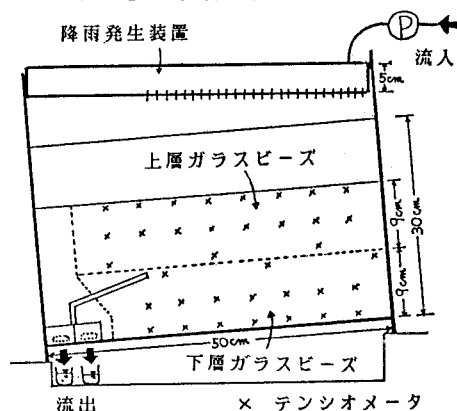


Fig.1 実験装置概要

Table 1 実験条件

ビーズ粒径 (mm)	上層		下層	
	①	1.00-1.41	0.50-0.60	
	②	0.50-0.60	1.00-1.41	
傾 斜 角	約4度と約9度の2種類			
降雨強度 (mm/hour)	約60→85→110→140→180→ 140→110→85→60の9種類			

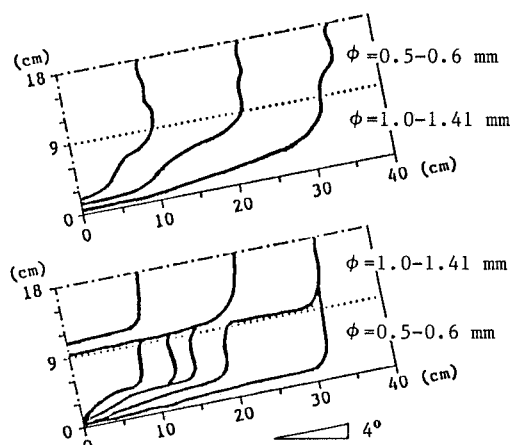


Fig.2 トレーサー浸透経路

が粒径の小さい方より透水係数が小さくなる。下層の粒径が大きい場合には、上下層の境界部においてこの値を超えるサクションが観測された。したがって、境界部で粒径の小さい層よりも大きい層の方が水が流れにくくなり、Fig.2 に示すような現象が起こったと考えられる。

3.2 傾斜角による上下層流出高の相違

Fig.5 に、各傾斜角での降雨強度に占める上層流出高の割合を示す。ここで、□は降雨増加過程、■は降雨減少過程である。同一の降雨強度においては傾斜角が大きい程上層流出高の割合は大きくなっている。これは、傾斜角が大きい程、斜面傾斜方向の水頭勾配が大きくなるためと考えられる。

3.3 降雨強度による上下層流出高の相違

Fig.5 に示すように、降雨強度の増加に伴い上層流出高の割合は減少する。境界部付近の水の流れには、水頭勾配と透水係数が関係している。水頭勾配については、境界面での水頭差がFig.6 に示すように降雨強度が増加すると増加するのに対し、斜面傾斜方向の水頭勾配は降雨強度によらず斜面勾配とほぼ同一であると考えられる。また、透水係数は降雨強度が大きき水分量が多いほど、大きくなっている。この二つの理由で、降雨強度が大ききほど境界面を下へ流れる量が増え、上層流出高の割合が減少すると考えられる。

3.4 降雨増加過程と減少過程の上下層流出高の相違

Fig.5 のように、降雨増加（吸水）過程と減少（脱水）過程では降雨強度に占める上層流出高の割合は降雨増加過程の方が高い。これは、同一降雨強度でも吸水過程より脱水過程の方が斜面内における水分量が多いためと考えられる。Fig.3 のように径0.5-0.6 mmのビーズは、吸水（降雨増加）過程と脱水（降雨減少）過程とで水分特性曲線の差が大きい。このため、上層(0.5-0.6 mm)の水分量は降雨減少過程の方が多いと考えられる。下層(1.0-1.41 mm)についても、降雨減少過程では全水頭が大きく水分量が多い。したがって、境界面での下方向の透水係数は降雨減少過程の方が大きくなり、Fig.6 のように降雨減少過程で境界部の水頭差が小さいにもかかわらず上層から下層への浸透量が増えると考えられる。

4. まとめ

本研究によって得られた結果は次の通りである。(1) 上層の粒径が下層の粒径より大きい場合でも上層流出が起こり得る。(2) 傾斜角が大きい程上層流出が多い。(3) 降雨強度が大きい程降雨強度に占める上層流出の割合が小さくなる。(4) 降雨増加過程の方が降雨減少過程より上層流出が多い。

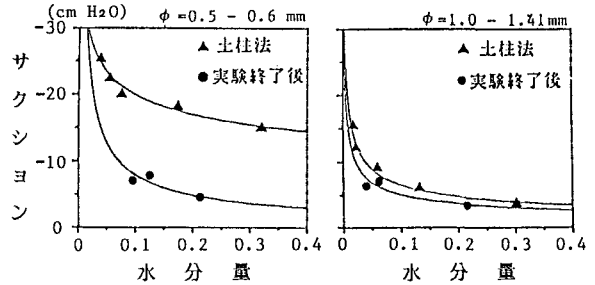


Fig.3 水分特性曲線

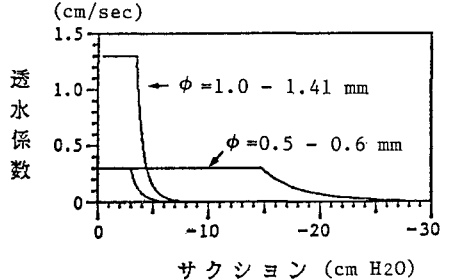


Fig.4 透水係数とサクションの関係

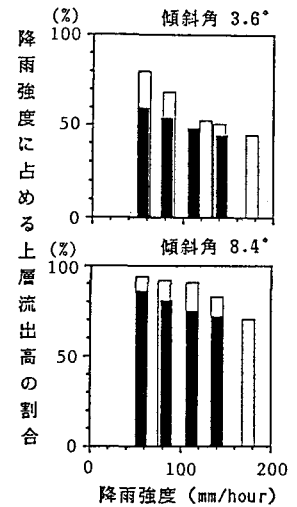


Fig.5 上層流出率

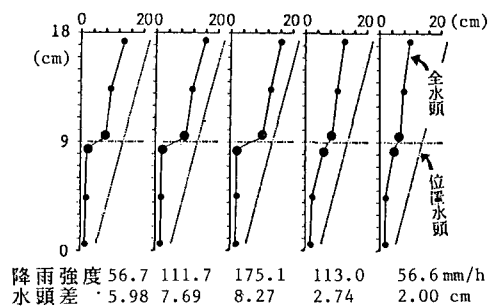


Fig.6 全水頭の鉛直分布